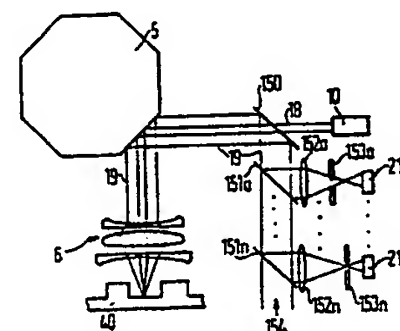


**PCT**  
 WELTORGANISATION FÜR GEISTIGES EIGENTUM  
 Internationales Büro  
 INTERNATIONALE ANMELDUNG VERÖFFENTLICHT NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE  
 INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT)



<p><b>(51) Internationale Patentklassifikation <sup>5</sup> :</b></p> <p style="text-align: center;"><b>G01B 11/02, 11/06, 11/24</b></p>	<b>A1</b>	<p><b>(11) Internationale Veröffentlichungsnummer:</b>     <b>WO 93/11403</b></p> <p><b>(43) Internationales Veröffentlichungsdatum:</b>     10. Juni 1993 (10.06.93)</p>		
<table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 50%; vertical-align: top; padding: 5px;"> <p><b>(21) Internationales Aktenzeichen:</b>     PCT/EP92/02522</p> <p><b>(22) Internationales Anmeldedatum:</b>     3. November 1992 (03.11.92)</p> <p><b>(30) Prioritätsdaten:</b>            91120863.5     4. Dezember 1991 (04.12.91)     EP</p> <p><b>(34) Länder für die die regionale oder internationale Anmeldung eingereicht worden ist:</b>     DE usw.</p> <p><b>(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten ausser US):</b> SIE-MENS AKTIENGESellschaft [DE/DE]; Wittelsbacherplatz 2, D-8000 München 2 (DE).</p> <p><b>(72) Erfinder; und</b></p> <p><b>(75) Erfinder/Anmelder (nur für US) :</b> SCHICK, Anton [DE/DE]; Frauenhoferstr. 4, D-8255 Schwindegg (DE). SCHNEIDER, Richard [DE/DE]; Egerländer Str. 5, D-8028 Taufkirchen (DE). STOCKMANN, Michael [DE/DE]; Enzianweg 18, D-8206 Bruckmühl (DE).</p> </td> <td style="width: 50%; vertical-align: top; padding: 5px;"> <p><b>(81) Bestimmungsstaaten:</b> KR, US, europäisches Patent (AT, BE, CH, DE, DK, ES, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, SE).</p> <p><b>Veröffentlicht</b>  <i>Mit internationalem Recherchenbericht.</i></p> </td> </tr> </table>			<p><b>(21) Internationales Aktenzeichen:</b>     PCT/EP92/02522</p> <p><b>(22) Internationales Anmeldedatum:</b>     3. November 1992 (03.11.92)</p> <p><b>(30) Prioritätsdaten:</b>            91120863.5     4. Dezember 1991 (04.12.91)     EP</p> <p><b>(34) Länder für die die regionale oder internationale Anmeldung eingereicht worden ist:</b>     DE usw.</p> <p><b>(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten ausser US):</b> SIE-MENS AKTIENGESellschaft [DE/DE]; Wittelsbacherplatz 2, D-8000 München 2 (DE).</p> <p><b>(72) Erfinder; und</b></p> <p><b>(75) Erfinder/Anmelder (nur für US) :</b> SCHICK, Anton [DE/DE]; Frauenhoferstr. 4, D-8255 Schwindegg (DE). SCHNEIDER, Richard [DE/DE]; Egerländer Str. 5, D-8028 Taufkirchen (DE). STOCKMANN, Michael [DE/DE]; Enzianweg 18, D-8206 Bruckmühl (DE).</p>	<p><b>(81) Bestimmungsstaaten:</b> KR, US, europäisches Patent (AT, BE, CH, DE, DK, ES, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, SE).</p> <p><b>Veröffentlicht</b>  <i>Mit internationalem Recherchenbericht.</i></p>
<p><b>(21) Internationales Aktenzeichen:</b>     PCT/EP92/02522</p> <p><b>(22) Internationales Anmeldedatum:</b>     3. November 1992 (03.11.92)</p> <p><b>(30) Prioritätsdaten:</b>            91120863.5     4. Dezember 1991 (04.12.91)     EP</p> <p><b>(34) Länder für die die regionale oder internationale Anmeldung eingereicht worden ist:</b>     DE usw.</p> <p><b>(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten ausser US):</b> SIE-MENS AKTIENGESellschaft [DE/DE]; Wittelsbacherplatz 2, D-8000 München 2 (DE).</p> <p><b>(72) Erfinder; und</b></p> <p><b>(75) Erfinder/Anmelder (nur für US) :</b> SCHICK, Anton [DE/DE]; Frauenhoferstr. 4, D-8255 Schwindegg (DE). SCHNEIDER, Richard [DE/DE]; Egerländer Str. 5, D-8028 Taufkirchen (DE). STOCKMANN, Michael [DE/DE]; Enzianweg 18, D-8206 Bruckmühl (DE).</p>	<p><b>(81) Bestimmungsstaaten:</b> KR, US, europäisches Patent (AT, BE, CH, DE, DK, ES, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, SE).</p> <p><b>Veröffentlicht</b>  <i>Mit internationalem Recherchenbericht.</i></p>			
<p><b>(54) Title: OPTICAL DISTANCE SENSOR</b></p> <p><b>(54) Bezeichnung: OPTISCHER ABSTANDSSENSOR</b></p> <p><b>(57) Abstract</b></p> <p>Optical distance sensors are used to produce a height raster image for inspecting complex units, e.g. equipped printed circuit boards. The prior art triangulation method or confocal principle may be used for this purpose. A sensor permitting complete inspection within an acceptable time must have a correspondingly high data rate. To this end a distance sensor is described which has both high resolution and low sensitivity to secondary light reflexes. The essential characteristics comprise: 1) a substantially larger diameter measuring beam (19) relative to the lighting beam (18); 2) an approximately equal diameter of both beams at the point of measurement, the lighting beam (18) have a greater depth of focus (T) than the measuring beam (19); 3) a beam dividing unit (154) for dividing the measuring beam (19) with approximately point-shaped photodetectors in each partial beam, arranged one behind the other in the direction of the partial beams and the height within the depth of focus (T) is recognisable by the photodetector according to greatest light intensity.</p> <p><b>(57) Zusammenfassung</b></p> <p>Zur Erstellung eines Höhenrasterbildes für die Prüfung von komplexen Einheiten, beispielsweise von bestückten Flachbaugruppen, werden optische Abstandssensoren eingesetzt. Dabei werden das bekannte Triangulationsverfahren oder das ebenfalls bekannte konfokale Prinzip angewandt. Ein Sensor, der eine vollständige Prüfung in annehmbarer Zeit ermöglicht, muß eine entsprechende hohe Datenrate bewältigen. Hierzu wird ein Abstandssensor beschrieben, der gleichzeitig eine hohe Auflösung und eine geringe Empfindlichkeit in bezug auf Sekundärlichtreflexe aufweist. Die wesentlichen Merkmale bestehen in: 1) einem bezüglich des Durchmessers wesentlich größer ausgeformten Meßstrahl (19) relativ zum Beleuchtungsstrahl (18); 2) einem annähernd gleichen Durchmesser der beiden Strahlen am Meßort, wobei der Beleuchtungsstrahl (18) eine größere Fokustiefe (T) aufweist, als der Meßstrahl (19); 3) einer Strahlteilungseinheit (154) zur Aufspaltung des Meßstrahles (19) mit in jedem Teilstrahl angeordneten annähernd punktförmigen Photodetektoren, die in Richtung der Teilstrahlen hintereinander angeordnet sind und die jeweilige Höhenstufe innerhalb der Fokustiefe (T) durch den Photodetektor mit der größten Lichtintensität erkennbar ist.</p>				



# **LEDIGLICH ZUR INFORMATION**

Code, die zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

AT	Österreich	FR	Frankreich	MR	Mauritanien
AU	Australien	GA	Gabon	MW	Malawi
BB	Barbados	GB	Vereinigtes Königreich	NL	Niederlande
BE	Belgien	GN	Guinea	NO	Norwegen
BF	Burkina Faso	GR	Griechenland	NZ	Neuseeland
BG	Bulgarien	HU	Ungarn	PL	Polen
BJ	Benin	IE	Irland	PT	Portugal
BR	Brasilien	IT	Italien	RO	Rumänien
CA	Kanada	JP	Japan	RU	Russische Föderation
CF	Zentrale Afrikanische Republik	KP	Demokratische Volksrepublik Korea	SD	Sudan
CG	Kongo	KR	Republik Korea	SE	Schweden
CH	Schweiz	KZ	Kasachstan	SK	Slowakische Republik
CI	Côte d'Ivoire	LI	Liechtenstein	SN	Senegal
CM	Kamerun	LK	Sri Lanka	SU	Sowjet Union
CS	Tschechoslowakei	LU	Luxemburg	TD	Tschad
CZ	Tschechische Republik	MC	Monaco	TC	Togo
DE	Deutschland	MG	Madagaskar	UA	Ukraine
DK	Dänemark	ML	Mali	US	Vereinigte Staaten von Amerika
ES	Spanien	MN	Mongolei	VN	Vietnam
FI	Finnland				

## Optischer Abstandssensor

5 Die Erfindung betrifft einen optischen Abstandssensor nach dem  
konfokalen optischen Abbildungsprinzip zur Ermittlung von Höhenwerten und zur dreidimensionalen Oberflächenvermessung. Bevorzugte Einsatzgebiete sind insbesondere die Lötstelleninspektion und die Kontrolle der Bausteinbeschaffenheit bei  
10 dicht bestückten elektronischen Flachbaugruppen, wie beispielsweise Multi-Chip-Module.

Bei der Überprüfung der Lötstellen oder Bausteine einer Flachbaugruppe wird im wesentlichen auf Leiterbahneinschnürungen,  
15 Verunreinigungen durch Partikel, Lötstellenqualität, korrekte Platzierung von Anschlußbeinchen (Pads), Kurzschlüsse usw. untersucht. Durch die zunehmende Erhöhung der Packungsdichte von Bauteilen in der Mikroelektronik wird die Prüfung von dreidimensionalen Objekten bei hoher Auflösung und hohen  
20 Prüfungsgeschwindigkeiten notwendig. Insbesondere sollen unbestückte und bestückte Mikroverdrahtungsplatten automatisch geprüft werden.

Bisher bekannte Einrichtungen zur Aufnahme von Höhenrasterbildern, die aus einer Vielzahl von dreidimensional vorliegenden  
25 Punkten von Objektoberflächen bestehen, beruhen im wesentlichen auf dem sog. Triangulationsverfahren. Dabei tastet ein Laserstrahl die Oberfläche des Objektes ab. Die beiden ebenen Ortskoordinaten eines bestimmten Oberflächenpunktes sind durch  
30 die relative Lage zwischen Abtaststrahl oder Beleuchtungsstrahl und der Flachbaugruppe bekannt. Die Höhenkoordinate des Oberflächenpunktes, der aktuell vermessen wird, wird von mindestens einem seitlich angeordneten Objektiv in Verbindung mit einem ortsempfindlichen Detektor erfaßt. Somit lassen sich die  
35 dreidimensionalen Ortskoordinaten einer Vielzahl von Oberflächenpunkten bestimmen. Durch den Vergleich eines aufgenommenen Oberflächenbildes mit einem idealen Oberflächenbild und unter Berücksichtigung bestimmter Fehlerkriterien, können Defekte an

Flachbaugruppen automatisch erkannt werden.

Das oben erwähnte Triangulationsverfahren ist in verschiedener Hinsicht weiterentwickelt worden, weist jedoch bestimmte prin-

5 zipielle Nachteile auf:

- Es besteht die Gefahr von Sekundärlichteinflüssen, wenn der Detektor das reflektierte Licht von Oberflächenpunkten des Objektes aufnimmt, die nicht dem aktuellen Auf-

10 treffpunkt entsprechen. Dies kann bei stark glänzenden Oberflächen zu erheblichen Meßfehlern führen.

- Kleine Objekte, die sich sehr dicht neben relativ großen Objekten oder in Vertiefungen befinden, können in Folge

15 von Abschattungen nicht in jedem Fall erfaßt werden.

- Zur Einhaltung der Scheimpflugbedingung ist meist eine nicht vergrößernde Abbildung auf den Detektor erforderlich. Dies führt bei kleinen Meßfleckgrößen zu hohen Lei-

20 stungsdichten. Eine hohe Leistungsdichte auf den Detektorflächen bei lateralen Photodioden begrenzt die Abtastgeschwindigkeit nach oben hin. Der Einsatz von Photodiodenarrays erhöht die Datenrate nicht.

25 - Es ist bisher nicht bekannt, durch einfaches Auswechseln beispielsweise eines Objektives am Sensorsystem den Abbildungsmaßstab und damit das Auslösungsvermögen zu variieren.

30 Auf dem Markt erhältliche Meßsysteme nach dem Triangulationsverfahren weisen bestimmte Ausgestaltungen auf, mittels der die oben genannten Nachteile teilweise vermeidbar sind. So hat die Firma Robotic Vision Systems (536 Broadhollow Road, Mel-

35 ville, New York 11747, USA) zur Vermeidung von Fehlmessungen durch Sekundärreflexe anstelle von lateralen Photodioden lineare Photodiodenarrays eingesetzt. Durch entsprechende Auswerte-Software werden Fehlmessungen erkannt und eliminiert. Insgesamt reduziert sich jedoch die Datenrate des Systems so

stark, daß dieses für eine vollständige Inspektion in einer Prozeßlinie nicht geeignet ist.

Um die Probleme bei der Anwendung einer lateralen Photodiode zu bewältigen, hat die Firma Matsushita Kotobuki Electric Co., Ltd. (2131 Ohara-minamikata, Kawauchi-machi, Onsen-gun, Ekimeken 791-03, Japan) ein System entwickelt, bei welchem aus acht Richtungen beobachtet wird. Eine Auswertung der Detektorsignale wird durch geeignete Algorithmen vollzogen. Die Erkennungssicherheit bei glänzenden Oberflächen steigt dadurch. Die Gesamtkonstruktion wird durch den Einsatz von ca. vier Sensorköpfen mit je acht Detektoren, die mittels einer schnell rotierenden Scheibe scannen, sehr aufwendig. Darüber hinaus kann das System nicht innerhalb von tiefen Löchern messen. Eine größere Auflösung als 40  $\mu\text{m}$  wird wegen mechanischer und optischer Justierprobleme beim Schnellen Rotieren des Sensorkopfes nicht erreicht.

Die Firma Nagoya Electric Works Co., Ltd (550 Takawari, Katori, Tadocho, Kuwana-gun, Mieken 511-01, Japan) scannt mit einem Laserstrahl über eine bestückte Leiterplatte und mißt den Winkel der spiegelnden Reflexion. Durch die Auswertung der Oberflächenneigung von Lötstellen oder Bauteilen kann die absolute Höhe durch Integration bestimmt werden. Neigungen, die größer als 45° betragen, können jedoch nicht detektiert werden. Dadurch ist die Höhe von Objekten mit senkrechten Wänden nicht meßbar. Eine Vermessung innerhalb von kleinen Löchern ist nicht möglich und Sekundärreflexe können nicht ausgeschaltet werden.

Ein ebenfalls bekanntes System wird von der Firma Omron Institute of Life Science (17 Chudoji minami-cho, Shimogyo-ku, Kyoto 600, Japan) angeboten. Hierbei wird aus dem spiegelnd reflektierten Licht die Höheninformation gewonnen. Die Probe wird aus verschiedenen Richtungen mit drei verschiedenen Farben beleuchtet. Das spiegelnd reflektierte Licht wird von einer Farbkamera detektiert und die Neigung der Probenoberfläche wird berechnet. Der Leistungsumfang entspricht in etwa dem Sy-

stem von Nagoya.

Allgemein kann gesagt werden, daß insbesondere bei Lötstellen mit spiegelnden Oberflächen auftretende Sekundärreflexe an benachbarten Lötstellen bei großen Detektorflächen Fehlinformationen und entsprechend falsche Höhenwerte zur Folge haben. Der Einsatz von kleinen Detektorflächen ist anzustreben, da hierdurch nur die unmittelbare Umgebung des momentan abzubildenden Meßortes erfaßt wird. Durch den Einsatz eines synchronisierten Triangulationsscanners wird dies berücksichtigt. Hierbei werden die Detektionsstrahlen mittels zweier seitlich angebrachter Umlenkvorrichtungen über das Scanobjektiv und die Strahlablenkeinheit (rotierender Polygonspiegel) auf die Detektorfläche gelenkt. Durch die synchrone Strahlablenkung von Beleuchtungs- und Meßstrahl (Detektionsstrahl) wird nur noch die Höhenbewegung des Auftreffpunktes auf den Detektor abgebildet, wodurch dieser entsprechend schmal dimensioniert werden kann und Sekundärreflexe in Scanrichtung ausgeblendet werden. Senkrecht zur Scanrichtung auftretende Störreflexe sind dadurch nicht zu beseitigen. Systembedingt ist der Auftreffpunkt des Lichtes bzw. der Meßort nur aus zwei Raumrichtungen zu beobachten. Bei dicht bestückten Leiterplatten führt dies zu erheblichen Abschattungen.

Ein bei der dreidimensionalen Vermessung von Strukturen bereits bewährtes Verfahren basiert auf dem konfokalen Prinzip. Hierbei wird eine punktförmige Lichtquelle, welche gewöhnlich durch eine Lochblende definiert wird, auf die Probe bzw. das Objekt abgebildet. Das rückgestreute Licht wird wiederum auf einen nahezu punktförmigen Detektor abgebildet. Die maximale Lichtintensität trifft hierbei nur auf den Detektor (Photodetektor), wenn die Objekt- und die Detektorebene tatsächlich im Brennpunkt der jeweiligen Optik liegen (konfokal). Befindet sich das Objekt außerhalb der Brennebene, so erfolgt eine starke Aufweitung des Meßstrahles vor dem punktförmigen Detektor, wodurch die meßbare Intensität stark abnimmt.

Ein auf dem konfokalen Prinzip beruhender Sensor wird bei-

spielsweise in dem Artikel - 3-D profile detection of etched patterns using a laser scanner; Moritoshi Ando et al; Proceedings of SPIE, Vol 389, Optical Systems Engineering III; Los Angeles, California, USA; 20. - 21. Januar 1989 - beschrieben.  
5 Es wird insbesondere in den Figuren 2 und 3 dargestellt, daß die Objektebene und die Sensorebene jeweils im Fokusbereich liegen. Weiterhin beschreibt dieser Artikel den Einsatz von Scan-Linsen, sowie einen rotierenden Polygonspiegel als Strahlablenkungseinheit.

10

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, einen optischen Abstandssensor mit hoher Datenrate bei gleichzeitig hoher Auflösung und geringer Empfindlichkeit in bezug auf Sekundärlichtreflexe zur Verfügung zu stellen.

15

Die Lösung dieser Aufgabe geschieht mittels der Lehre des kennzeichnenden Teiles im Patentanspruch 1.

Ein Sensor, der auf dem konfokalen Prinzip aufbaut, arbeitet  
20 mit einer punktförmigen und auf das Objekt abgebildeten Lichtquelle. Das vom Objekt rückgestreute Licht wird seinerseits auf einen nahezu punktförmigen Detektor abgebildet. Objekt und Bild bzw. Detektor befinden sich im Fokus des Beleuchtungs- bzw. des Meßstrahles. Die damit verbundene geringe Schärfentiefe ist verbunden mit einer hohen Auflösung bei der Aufnahme  
25 von Oberflächenpunkten zur dreidimensionalen Messung von Objekten.

Die aufzunehmende Höheninformation bzw. der Höhenwert werden  
30 in Analogie zum Triangulationsverfahren durch senkrechtes Beleuchten und Beobachten unter einem möglichst großen Winkel zur Normalen auf der Objektoberfläche gewonnen. Jedoch wird beim Einsatz eines Scanobjektives, das Beleuchtungsstrahl und Meßstrahl gleichzeitig führt und wobei der Beleuchtungsstrahldurchmesser wesentlich kleiner ausgebildet ist, als der Meßstrahldurchmesser, über den gesamten Öffnungskegel des Objektives betrachtet. Somit werden sämtliche vom Auftreffpunkt des  
35 Beleuchtungsstrahles auf der Objektoberfläche ausgehenden

---



Strahlen bei der Messung berücksichtigt. Der Raumwinkel, der zur Detektion beiträgt, ist demnach wesentlich größer, als der des Triangulationsverfahrens.

- 5 Der Erfindung liegt die Erkenntnis zugrunde, daß eine für heutige Anforderungen ausreichende Datenrate mittels eines optischen Abstandssensors zu verwirklichen ist, der eine Modifizierung eines konfokalen Prinzipes darstellt. Um die relativ langsame mechanische laterale und axiale Objektverschiebung  
10 bei der Aufnahme eines gerasterten Oberflächenbildes zu umgehen, wurden mehrere parallel arbeitende nahezu punktförmige Photodetektoren entsprechend der mehrfach geteilten Meßstrahlen installiert. Die Photodetektoren sind alle konfokal angeordnet und stellen eine Unterteilung des Höhenmeßbereiches  
15 dar, der durch die Fokustiefe des Beleuchtungsstrahles vorgegeben ist, wenn das Objekt nicht in der Höhe verfahren wird. Dieser maximale Höhenmeßbereich wird somit in mehrere Stufen unterteilt, die ohne mechanisches Nachführen des Objektes auflösbar sind. Hierzu ist die bezogen auf die verschiedenen auf-  
20 geteilten Meßstrahlen versetzte Anordnung der punktförmigen Photodetektoren notwendig. Die Durchmesser der Photodetektoren sind so ausgelegt, daß die Durchmesser des Beleuchtungsstrahles innerhalb der Fokustiefe, die sich mit der Meßhöhe ändern, genau in die zugeordneten Photodetektoren abgebildet werden.  
25 Die jeweilig zutreffende Höhenstufe innerhalb der Fokustiefe des Beleuchtungsstrahles wird durch den Photodetektor mit der größten Lichtintensität erkannt.

- Eine vorteilhafte Ausgestaltung der Erfindung sieht den Ein-  
30 satz von Teilerspiegeln als Strahlteilungseinheit vor. Strahlteilerspiegel stellen trotz des mechanischen Aufwandes die einfachste Art einer Strahlteilungseinheit dar. Dies gilt für eine Aufteilung des Meßstrahles in bis zu ca. 20 Einzelstrahlen.

- 35 Eine konstruktive Vereinfachung wird durch den Einsatz eines einzigen lichtbeugenden Elementes erzielt. Dieses als Strahlteilungseinheit wirkende Element spaltet den Meßstrahl in eine



Vielzahl von definierten Richtungen auf. Die eigentliche Detektion bleibt unverändert. Eine Besonderheit dieser Ausführungsform besteht in einer angepaßten Optik. Anstelle einer üblicherweise hinter der Strahlteilungseinheit in jedem einzelnen aufgeteilten Meßstrahl platzierten Optik ist beim Einsatz eines lichtbeugenden Elementes eine einzige Optik verwendbar. Diese wird entweder vor oder nach dem lichtbeugenden Element eingesetzt. Somit werden der gesamte Meßstrahl bzw. sämtliche aufgeteilten Meßstrahlen über diese Optik geführt. Als lichtbeugendes Element kann beispielsweise ein Beugungsgitter oder ein computergeneriertes Hologramm mit einer definierten Intensitätsverteilung eingesetzt werden.

Die punktförmige Ausbildung der Photodetektoren wird zweckmäßiger Weise durch die Kombination von Blenden und handelsüblichen Photodetektoren, beispielsweise Photodioden, erreicht. Die gesamte Einheit stellt somit den punktförmigen Photodetektor dar, der konfokal angeordnet ist, wenn die Blende im Fokusbereich des Meßstrahles liegt. Dies gilt für sämtliche Blenden bzw. Photodetektoren, die auf den Teilstrahlen platziert sind.

Eine vorteilhafte Ausgestaltung der Erfindung verwendet ein Scanobjektiv, das für mehrere Wellenlängen derart korrigiert ist, daß bewußt eine chromatische Aberration herbeigeführt wird. Der durch die Schärfentiefe des Beleuchtungsstrahles vorgegebene Höhenscanbereich wird in diesem Fall in einzelne Stufen aufgeteilt, in dem die Schärfentiefenbereiche der einzelnen Farben sich sukzessive aneinanderreihen. Nach dem Durchgang des Lichtes durch die den punktförmigen Photodetektoren vorgeschalteten Blenden wird das Licht entsprechend den Farben aufgespalten und auf verschiedene Photodioden geführt.

Die punktförmige Lichtquelle wird in vorteilhafter Weise durch einen Laser dargestellt. Der Laser liefert den Meßstrahl, der über eine Optik scharf auf die Oberfläche eines Objektes abgebildet wird. Hierbei kann ein Laser mit monochromatischem Licht oder mit einem Licht mehrerer Wellenlängen eingesetzt

werden. Letzteres ist für den Fall notwendig, daß ein für mehrere Lichtwellenlängen korrigiertes Scanobjektiv eingesetzt wird. Die hohe Leistungsdichte eines Lasers ist von wesentlichem Vorteil.

5

Zur Erzielung einer hohen Datenrate bei der Aufnahme eines Oberflächenrasterbildes ist eine entsprechend angepaßte Strahlableitungs- und Fokussiereinheit notwendig. Es hat sich als sehr vorteilhaft erwiesen, hierbei einen rotierenden Polygonspiegel einzusetzen, da das Zusammenspiel von mechanischem Antrieb und die Erzielung hoher Datenraten hierbei gut beherrschbar sind. In Kombination mit einem kleinen Durchmesser des Beleuchtungsstrahles am Ort des Polygonspiegels werden hohe Drehzahlen bei gleichzeitig kleiner Auslegung des Polygonspiegels ermöglicht.

15

Die Trennung zwischen Beleuchtungsstrahl und Meßstrahl geschieht durch einen zentrisch durchbohrten Auskoppelspiegel. Diese vorteilhafte Ausgestaltung ist auf das vorbestimmte Verhältnis zwischen den numerischen Aperturen des Meßstrahles und des Beleuchtungsstrahles ausgelegt.

20

Es ist von großer Bedeutung, wenn die Apertur des Meßstrahles in bezug auf die des Beleuchtungsstrahles am Meßort größer ist. Das Verhältnis zwischen Meß- und Beleuchtungsapertur ist ein Maß für die Anzahl der Höhenstufen, die im jeweiligen Höhenmeßbereich gemessen werden können. Bei nahezu isotrop streuenden Objekten ist es möglich, durch Interpolation Höhenwerte zwischen diesen Höhenstufen auszuwerten. Wird die Apertur des Meßstrahles wesentlich größer, als die des Beleuchtungsstrahles ausgelegt, so wird das Licht des Beobachtungsortes auf dem Objekt unter einem großen Winkel zu einer Flächennormalen des Objektes bzw. über einen großen Raumwinkel gesammelt. Dies verbessert die Höhenauflösung wesentlich. Ebenso ist es vorteilhaft, daß durch ein großes Verhältnis von Detektions- zu Beleuchtungsapertur ein durch Speckle verursachtes Rauschen unterdrückt wird. Das mindestens anzustrebende Verhältnis zwischen den Öffnungswinkeln von Meßstrahl und Beleuchtungsstrahl sollte 2 : 1 betragen.

35

Eine Vereinfachung des optischen Abstandssensors verbunden mit einer Erhöhung der Datenrate wird durch den Einsatz eines telezentrischen Scanobjektives erreicht. Hierbei wird im wesentlichen ein Rechengang eingespart, der bei nicht telezentrischer Auslegung des Scanobjektives zur genauen Lageermittlung eines Bildes notwendig wäre.

Die in der Regel auftauchenden ungleichmäßigen Lichtverteilungen der Teilstrahlen auf die verschiedenen Photodetektoren werden in vorteilhafter Weise durch eine elektronische Kompensationseinheit ausgeglichen. Ungleichmäßige Verteilungen der Lichtintensität ergeben sich je nach Ausgestaltung der Strahlteilungseinheit und der Blendendurchmesser.

15

Die Veränderung des Höhenmeßbereiches kann in vorteilhafter Weise durch den Wechsel des Scanobjektives erreicht werden. Dies geschieht in analoger Weise wie bei einem Mikroskopobjektiv. Nachdem sich Meßbereich und Auflösung gegenseitig bedingen, muß eine diesbezügliche elektronische Abstimmung vorgenommen werden. Dadurch wird eine leichte Umrüstung einer Abtasteinrichtung ermöglicht. Durch die seitliche Neigung eines optischen Abstandssensors lassen sich mit verschiedener Bestücktechnik angefertigte Flachbaugruppen prüfen  
(beispielsweise "Surface Mounted Devices", "J-Leads"...).

25

Im folgenden werden anhand von schematischen Figuren das konfokale Prinzip und ein Ausführungsbeispiel beschrieben.

30 Figur 1 zeigt eine Erläuterung des konfokalen Prinzips.  
Figur 2 zeigt den Verlauf der Lichtintensität während eines mechanischen Höhenscans an einem Punkt einer ebenen Objektoberfläche.  
Figur 3 zeigt einen optischen Abstandssensor mit konfokalem Aufbau zum schnellen Scannen mittels eines rotierenden Polygonspiegels, wobei eine Vielzahl von parallel arbeitenden Detektoren vorhanden ist.

35

Figur 4 zeigt eine Prinzipskizze bezüglich der Sensorelektronik für die parallele Verarbeitung der Signale der punktförmigen Photodetektoren.

Figur 5 zeigt den Fokusbereich des Beleuchtungsstrahles bzw. die Fokustiefe.

Figur 1 zeigt eine bei der dreidimensionalen Vermessung von strukturierten Oberflächen bereits bewährte Verfahrensweise. Diese basiert auf dem konfokalen Prinzip. Beim konfokalen Prinzip wird eine punktförmige Lichtquelle, beispielsweise gebildet mittels einer Lochblende oder, wie in diesem Fall durch einen Laser 1, auf das Objekt abgebildet. Das rückgestreute Licht wird wiederum auf einen nahezu punktförmigen Detektor abgebildet. Nur für den Fall, daß die Objekt- und Detektorebene tatsächlich im Brennpunkt liegen, also konfokal sind, trifft auf den Detektor maximale Lichtintensität. Hierbei ist zu beachten, daß die punktförmige Ausbildung jedes der beiden erwähnten Bauteile durch die jeweilige Vorschaltung einer konfokalen Blende 30, 31 geschieht. Als punktförmige Lichtquelle kann demnach der Laser 1 mit der Optik 11 und der Blende 30 betrachtet werden. Der punktförmige Detektor besteht aus der Blende 31 und dem eigentlichen Detektor 2, beispielsweise einer Photodiode. Eine konfokale Konstellation wird durch den Strahlengang des fokussierten Strahles 16 dargestellt. Für diesen Fall liegt das Objekt 4 in der Brennebene bezüglich der Optik 14. Gleiches gilt für die Blenden 30, 31 bezüglich der Optik 12, 13. Befindet sich das Objekt 41 außerhalb der Brennebene, so tritt eine starke Strahlaufweitung entsprechend dem defokussierten Strahl 17 ein. Dies ist gleichbedeutend mit einem starken Intensitätsabfall am Detektor 2.

Bedingt durch das konfokale System liegt zwar eine geringe Schärfentiefe vor, die jedoch eine hohe Auflösung zur Folge hat. Die in Figur 1 dargestellte Anordnung arbeitet mit einem Teilerspiegel 15. Das Objektiv, hier die Optik 14, ist so ausgelegt, daß keinerlei Unterschiede in der Apertur des Meßstrahles im Verhältnis zu der Apertur des Beleuchtungsstrahles

zu erkennen sind.

Die Figur 2 zeigt den Verlauf der Intensität I des detektier-  
ten Lichtes in Abhängigkeit von dem Höhenwert Z. Zur Aufnahme  
5 dieser Kurve wurde eine Objekt derart verschoben, daß sein Höhenwert zu beiden Seiten des Wertes verfahren wird, der der konfokalen Einstellung mit der maximalen Intensität I entspricht. Ein Auswertekriterium stellt die volle Halbwertsbreite H dar. Darunter wird der Bereich des Höhenwertes Z ver-  
10 standen, der einem Abfall der Intensität I auf die Hälfte des Maximalwertes entspricht.

Die Figur 3 zeigt einen erfindungsgemäßen Aufbau, entsprechend einem modifizierten konfokalen Prinzip. Wesentlich dabei ist  
15 der mehrstufige konfokale Aufbau, der durch die Aufspaltung des Meßstrahles 19 in mehrere Einzelstrahlen mit jeweils einer Optik 152a-n, einer Blende 153a-n und einem Photodetektor 21a-n verwirklicht ist. Der Beleuchtungsstrahl 18 wird durch einen Laser 10 erzeugt und durch einen mit einer Bohrung versehenen  
20 Auskoppelspiegel 150 auf einen rotierenden Polygonspiegel 5 gelenkt. Dieser reflektiert den Beleuchtungsstrahl 18 in Richtung auf die Oberfläche des Objektes 40. Weiterhin ist ein Scanobjektiv 6 vorhanden, das Beleuchtungsstrahl 18 und Meßstrahl 19 gleichzeitig in beiden Richtungen führt. Am Meßort  
25 auf der Oberfläche des Objektes 40 ist die numerische Apertur des Beleuchtungsstrahles 18 wesentlich kleiner als die numerische Apertur des Meßstrahles 19. Der über das Scanobjektiv geführte Meßstrahl 19 wird wiederum über den rotierenden Polygonspiegel zurück auf den Auskoppelspiegel 150 geführt. Im An-  
30 schluß daran wird in einer Strahlteilungseinheit 154 der Meßstrahl 19 aufgeteilt. In der Figur 3 sind lediglich 2 Aufteilungen konkret dargestellt. In der Praxis können hier je nach Bedarf 16, 20 oder mehr Einheiten plazierte sein. Die Strahlteilungseinheit 154 kann, wie hier dargestellt, aus Teiler-  
35 spiegeln 151a-n bestehen. Zur Verringerung des mechanischen Aufwandes ist jedoch auch der Einsatz eines Beugungsgitters oder der eines computergenerierten Hologrammes möglich. Der hohe Aufwand für die Herstellung eines Hologrammes kann durch

- die damit verbundenen wesentlichen Vorteile ausgeglichen werden. So kann die Intensitätsverteilung des gebeugten Lichtes beispielsweise durch ein entsprechend ausgelegtes Hologramm je nach Anforderung in vorbestimmter Weise beeinflusst werden.
- 5 Beim Einsatz eines Beugungsgitters und auch beim Einsatz von Teilerspiegeln sorgt eine elektronische Kompensation für eine Gleichverteilung der Intensitäten der aufgeteilten Meßstrahlen 19.
- 10 Die Figur 4 zeigt eine Auswerteelektronik, die entsprechend der vorhandenen Mehrzahl von Photodetektoren 21a-n n verschiedene Lichtintensitäten verarbeitet. Jeder Detektor repräsentiert einen Höhenwert innerhalb der Fokustiefe T und die Elektronik findet den mit der höchsten Leistung heraus. Dies
- 15 wird mittels einer Schwelle, deren Höhe einem bestimmten prozentualen Wert der Summe aller Intensitätswerte entspricht, erreicht. Überschreiten mehrere Signale den Schwellwert, so sind die entsprechenden Höhenwerte Z zu mitteln. Die Auswerteelektronik nimmt von den Photodetektoren 21a-n die entsprechenden
- 20 Signale über Verstärker 22a-n auf, addiert sie im Summierer 23 und vergleicht die Einzelwerte in Komparatoren 24a-n mit der Summe. Der Encoder 25 liefert den gewünschten Höhenwert Z. Um eine hohe Pixelverarbeitungsgeschwindigkeit zu erreichen, ist diese parallele Verarbeitungsweise notwendig. Als
- 25 Verstärker 22a-n können beispielsweise Sample/Hold-Verstärker eingesetzt werden.

- Die Figur 5 zeigt schematisch den Fokusbereich des Beleuchtungsstrahles 18. Dieser hat an seiner Taille einen Taillendurchmesser D1. Die Fokustiefe T ist so definiert, daß sie der
- 30 Länge des Beleuchtungsstrahles im Fokusbereich entspricht, zwischen der jeweils in beiden Richtungen der Strahldurchmesser D2 des Beleuchtungsstrahles 18 auf das  $\sqrt{2}$ -fache von D1 angestiegen ist. Durch die Fokustiefe T ist der maximale Höhen-
- 35 scanbereich vorgegeben. Er kann jedoch durch den Wechsel des Scanobjektives 6 verändert werden. Eine andere Möglichkeit, die jedoch nicht mit der Erhöhung der Datenrate konform geht, wären die mechanische Bewegung des Objektes. Ein Sensor nach

dem konfokalen Prinzip entsprechend der Figur 1 ist demnach optisch ausreichend gut, jedoch für heute notwendige Anwendungsfälle zu langsam.

- 5 Durch das konfokale Prinzip wird an sich die Störwirkung von Sekundärreflexen weitestgehend ausgeschlossen. Bisher damit realisierte Datenraten lagen jedoch bei ca. 100 - 1000 Pixeln pro Sekunde. Mit einer Anordnung entsprechend Figur 3 läßt sich die Datenrate auf über  $10^6$  Pixel pro Sekunde erhöhen.
- 10 Weitere Vorteile bestehen darin, daß Abschattungen unkritisch sind, sofern ein genügend großer Raumwinkel zur Detektion zur Verfügung steht. Nachdem die Größe des Photodetektors der Größe des Beleuchtungsfleckes angepaßt ist, wird nur der beleuchtete Ort des Objektes 40 auf den Detektor, der aus dem
- 15 Photodetektor 21a-n und den jeweils vorgeschalteten Blenden 153a-n besteht, abgebildet. Der in Figur 3 dargestellte Laser 10 liefert kollimiertes Licht. Die durch den geringen Durchmesser des Beleuchtungsstrahles 18 am Objekt 40 vorliegende große Fokustiefe bei der Beleuchtung wird umgesetzt in eine
- 20 relativ geringe Fokustiefe bei der Abbildung. Durch die Aufteilung in einzelne Meßstrahlen 19 wird die Auflösung bzw. die Fokustiefe in kleine Schärfentiefenbereiche aufgeteilt. Bei der Dimensionierung sind die bekannten optischen Abhängigkeiten zwischen Apertur, Auflösung, Brennweite usw. zu berücksichtigen. So bedeutet die Vergrößerung der Apertur eine höhere
- 25 Auflösung und die Vergrößerung der Brennweite bringt einen größeren Höhenmeßbereich entsprechend der größeren Fokustiefe mit sich. Nachdem sich jedoch Meßbereich und Auflösung gegenseitig bedingen, läßt sich beispielsweise bei einem
- 30 Aperturverhältnis von Meß- und Beleuchtungsstrahl 18, 19 von 25 bei einem Höhenmeßbereich von 0,5 mm eine Auflösung von 20  $\mu$ m erreichen. Die Auflösung läßt sich durch geeignete Interpolation zwischen den Höhenstufen erhöhen. Eine Veränderung des Höhenmeßbereiches kann in einfache Weise durch den Wechsel des
- 35 Scanobjektives 6 erzielt werden.

Durch einen optischen Abstandssensor entsprechend Figur 3 kann die langsame laterale Verschiebung des Objektes 40 in einer



Richtungen vermieden werden. Durch den Einsatz eines zusätzlichen Galvanometerspiegels könnte die laterale Verschiebung des Objekts 40 vollständig entfallen. Die zweite laterale Abtastrichtung wird durch Scannen mittels des Beleuchtungsstrahles 18 bedient. Die Höhenwerte Z werden für jeden einzelnen Meßpunkt auf der Oberfläche des Objektes 40 über den optischen Abstandssensor ermittelt. Auf diese Weise lassen sich Pixelraten von 2 MHz realisieren. Die Datenrate bzw. Scan-Geschwindigkeit ist abhängig von der Polygonspiegelkonfiguration. Eine Ausführungsform eines optischen Abstandssensors enthält beispielsweise folgende technische Daten:

	Meßstrahldurchmesser:	7,5 mm
	Beleuchtungsstrahldurchmesser:	0,7 mm
15	Rotationsgeschwindigkeit des Polygonspiegels (mit 12 Facetten, Nutzungsfaktor 0,5):	15.000 Umdrehungen/Minute
	Scanlänge (lateral):	3,5 mm
	laterale Auflösung:	5 µm
20	Pixel/Scanlänge:	700.

Innerhalb eines Scans, d.h. innerhalb einer abgetasteten Zeile beträgt bei den obengenannten Daten die Pixeldatenrate 4,2 MHz, die von der Sensorelektronik verarbeitet werden muß. Aufgrund des Nutzungsfaktors des Polygonspiegels von 0,5 ergibt sich eine effektive Pixeldatenrate von 2,1 MHz. Bei einer mittleren Abtastgeschwindigkeit mit  $2 \times 10^6$  Pixel/Sekunde ergibt sich bei sehr komplizierten Leiterplatten beispielsweise eine Prüfzeit von 20 Minuten für eine Fläche von 250x250 mm. Bei einfach strukturierten Leiterplatten liegt die Prüfzeit im Bereich von wenigen Minuten.

Die an einen optischen Abstandssensor angeschlossene Sensorelektronik entsprechend der Figur 4 beinhaltet auch die Photodetektoren 21a-n. Die hier eingesetzten Photodioden und Verstärker 22a-n sollten einen sehr großen Dynamikbereich bei kurzer Anstiegszeit aufweisen, um die durch die Oberfläche des Objektes 40 verursachten, extrem starken Intensitäts-

schwankungen erfassen bzw. ausgleichen zu können. Um Verstärkerübersteuerungen zu vermeiden, können deshalb Verstärker mit einer nichtlinearen Verstärkungskennlinie eingesetzt werden.

- 5 Neben der Tatsache, daß mit einem erfindungsgemäßen Abstandssensor auch spiegelnde Flächen geprüft werden können, ist zudem von Bedeutung, daß auf die Intensitätsregelung des Beleuchtungsstrahles 18 verzichtet werden kann.

## Patentansprüche

1. Optischer Abstandssensor nach dem konfokalen optischen Abbildungsprinzip zur Ermittlung von Höhenwerten und zur dreidimensionalen Oberflächenvermessung, insbesondere zur Inspektion elektronischer Flachbaugruppen, mit
- einer punktförmigen Lichtquelle, die auf die Oberfläche abgebildet wird,
  - einer Strahlableitvorrichtung zum schrittweisen Abtasten der Oberfläche,
  - einem Scanobjektiv (6), durch das der Beleuchtungsstrahl (18) und der Meßstrahl (19) geführt werden und
  - einem zur punktförmigen Lichtquelle konfokal angeordneten Photodetektor (2),
- gekennzeichnet durch
- einen Beleuchtungsstrahl (18), der im Verhältnis zum Meßstrahl (19) einen wesentlich kleineren Durchmesser in den Pupillen des Scanobjektives (6) aufweist,
  - einen annähernd gleichen Durchmesser von Beleuchtungsstrahl (18) und Meßstrahl (19) am Meßort auf der Objektoberfläche, wobei der Beleuchtungsstrahl (18) eine größere Fokustiefe (T) als der Meßstrahl (19) aufweist,
  - eine Strahlteilungseinheit (154) zur Aufspaltung des Meßstrahles (19), hinter der jeweils in Richtung der geteilten Meßstrahlen (19) eine Optik (152a-n) und ein annähernd punktförmiger Photodetektor angeordnet sind, wobei die Photodetektoren zur Unterscheidung von Höhenwerten innerhalb der Fokustiefe (T) des Beleuchtungsstrahles (18) in Richtung der geteilten Meßstrahlen (19) versetzt angeordnet sind und die jeweilige Höhenstufe durch den Photodetektor mit der größten Lichtintensität erkennbar ist,
  - Durchmesser der Photodetektoren, welche so ausgelegt sind, daß die sich mit der Höhe ändernden Durchmesser des Beleuchtungsstrahles (18) innerhalb der Fokustiefe (T) genau in die zugehörigen Photodetektoren abgebildet werden.

2. Optischer Abstandssensor nach Anspruch 1,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,  
5 daß die Strahlteilungseinheit (154) durch eine Vielzahl  
von im Meßstrahl (19) hintereinander angeordneten Teiler-  
spiegeln (151a-n) dargestellt ist.
3. Optischer Abstandssensor nach Anspruch 1,  
10 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,  
daß zur Teilung des Meßstrahles (19) ein einziges licht-  
beugendes Element vorhanden ist, das den Meßstrahl (19) in  
eine Vielzahl definierter Richtungen teilt, wobei die  
punktförmigen Photodetektoren zur Unterscheidung von Hö-  
15 henwerten innerhalb der Fokustiefe (T) des Beleuchtungs-  
strahles (18) in Richtung der geteilten Meßstrahlen (19)  
versetzt angeordnet sind und die jeweilige Höhenstufe  
durch den Photodetektor mit der größten Lichtintensität  
erkennbar ist.
- 20 4. Optischer Abstandssensor nach Anspruch 3,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,  
daß statt der Optik (152a-n) eine einzige Optik vor oder  
nach dem lichtbeugenden Element angeordnet ist.
- 25 5. Optischer Abstandssensor nach einem der vorhergehenden An-  
sprüche,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,  
daß die annähernd punktförmige Ausbildung der Photodetek-  
30 toren (21a-n) durch den Einsatz einer vorgeschalteten  
Blende (153a-n) dargestellt ist.
6. Optischer Abstandssensor nach Anspruch 5, rückbezogen auf  
Anspruch 1 oder 2,  
35 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,  
daß das Scanobjektiv (6) für mehrere Lichtwellenlängen  
derart ausgelegt ist, daß die Schärfentiefenbereiche der  
einzelnen Farben sich sukzessive aneinander reihen und die
-

Intensitäten hinter den Blenden (153a-n) durch mehrere farbempfindliche Photodetektoren in Abhängigkeit von der Farbe aufnehmbar sind.

- 5 7. Optischer Abstandssensor nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,  
daß die punktförmige Lichtquelle durch einen Laser (10)  
dargestellt ist.
- 10 8. Optischer Abstandssensor nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,  
daß die Strahlableinheit durch einen rotierenden Poly-  
gonspiegel (5) dargestellt ist.
- 15 9. Optischer Abstandssensor nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,  
20 daß zur Trennung von Beleuchtungsstrahl (18) und Meßstrahl (19) ein Auskoppelspiegel (150) eingesetzt wird, der eine zentrale Bohrung aufweist.
- 25 10. Optischer Abstandssensor nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,  
daß das Verhältnis zwischen den Öffnungswinkeln von Meß-  
strahl (19) und Beleuchtungsstrahl (18) am Meßort minde-  
stens 2:1 beträgt.
- 30 11. Optischer Abstandssensor nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,  
daß das Scanobjektiv (6) telezentrisch aufgebaut ist.
- 35 12. Optischer Abstandssensor nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß zur An-

derung der dreidimensionalen Auflösung und des Meßbereiches das Scanobjektiv (6) in seiner Brennweite veränderbar oder gegen ein anderes austauschbar ist.

- 5 13. Optischer Abstandssensor nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
da durch gekennzeichnet,  
daß eine elektronische Kompensationseinheit vorhanden ist,  
10 die ungleichmäßige Intensitätsverteilungen der Teilstrahlen des Meßstrahles (19) auf die verschiedenen Photodetektoren kompensiert.
14. Optischer Abstandssensor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, da durch gekennzeichnet, daß  
15 die elektronischen Verstärker (22a bis n) entsprechend der Photodetektoren (21a bis n) eine nichtlineare Verstärkungskennlinie aufweisen, um Übersteuerungen zu vermeiden.
15. Optischer Abstandssensor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, da durch gekennzeichnet, daß  
20 der Abstandssensor in Bezug auf eine Normale zur Objekt-oberfläche geneigt ist, um dreidimensionale Objekte auch schräg von oben betrachten zu können.
-

FIG 1

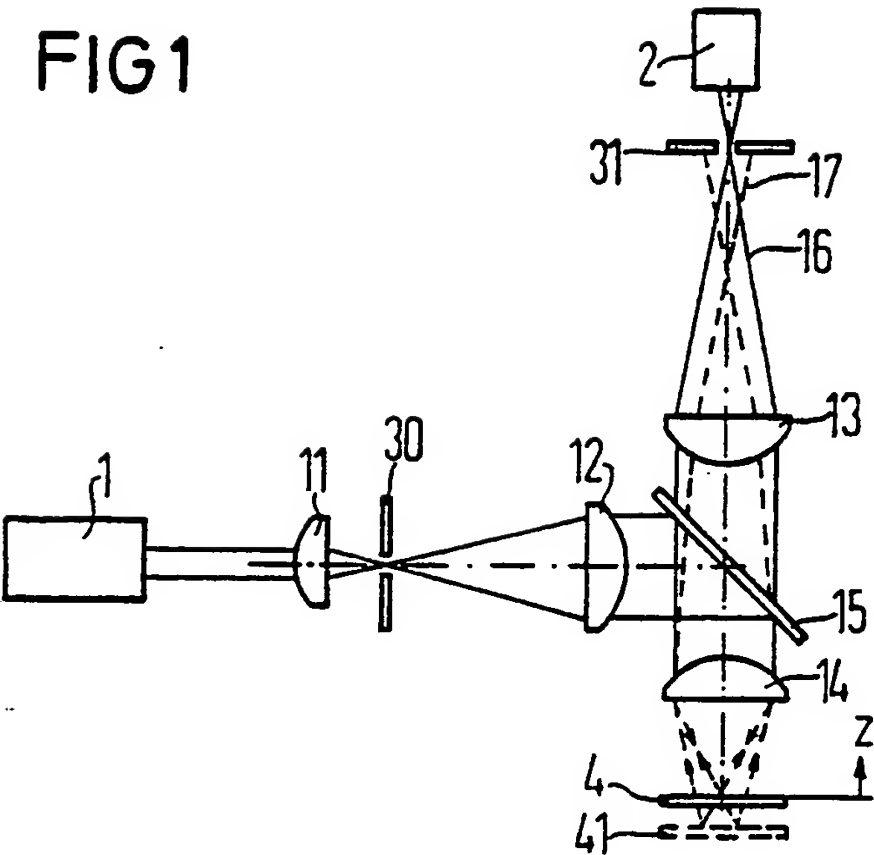
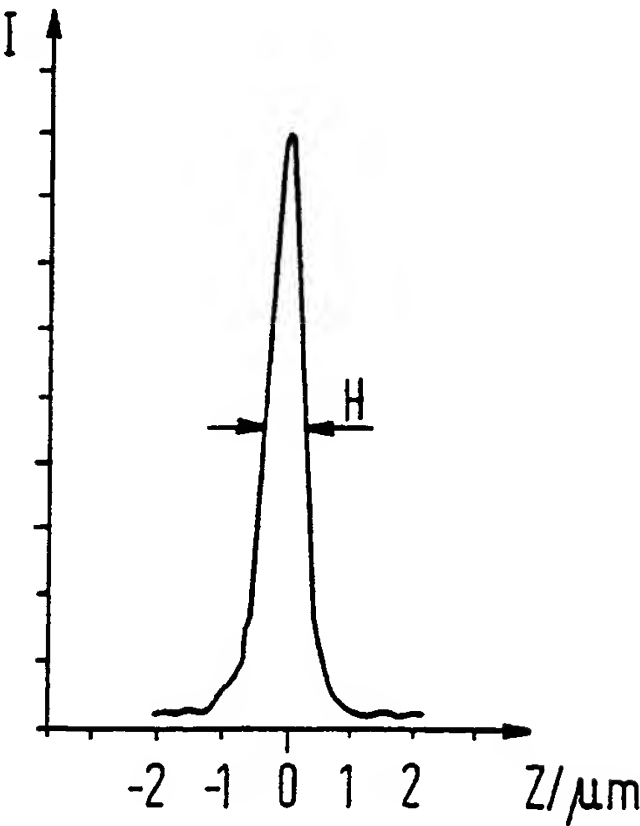


FIG 2





2/3

FIG 3

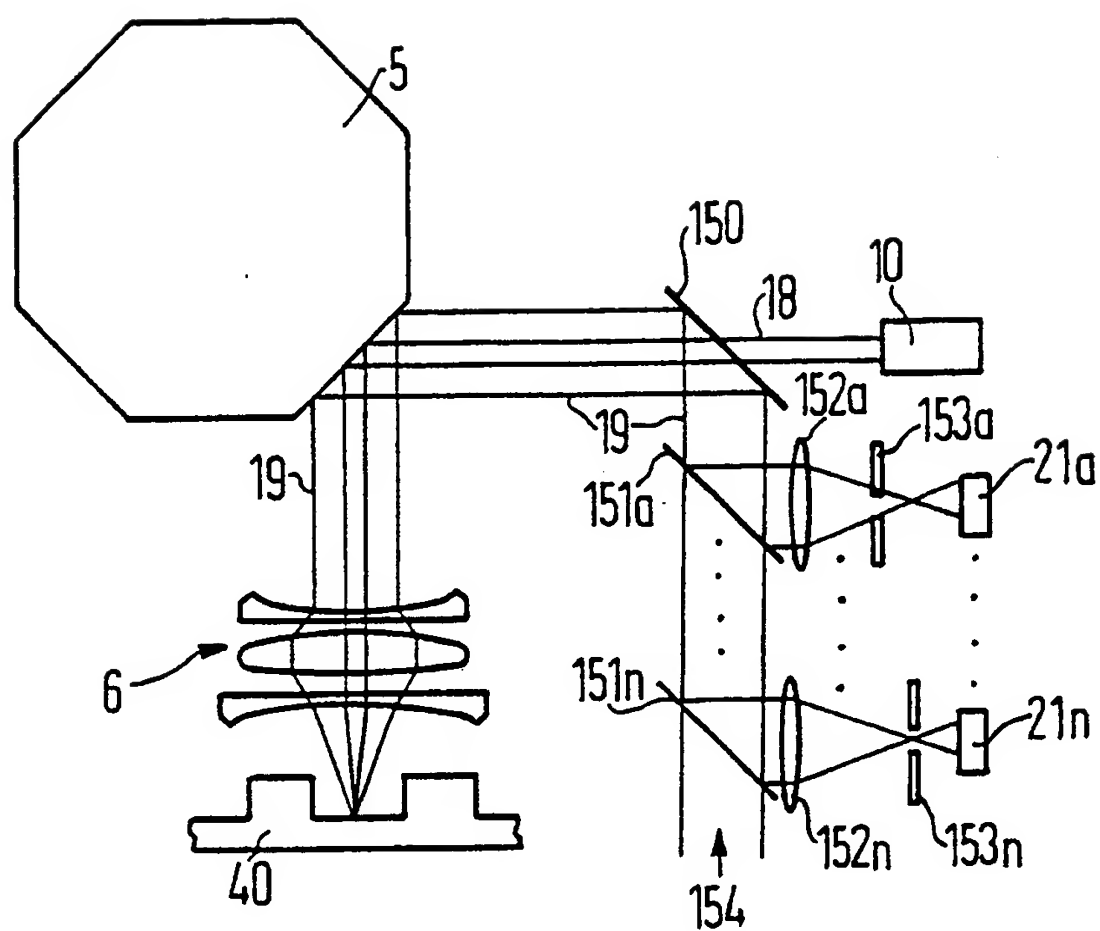
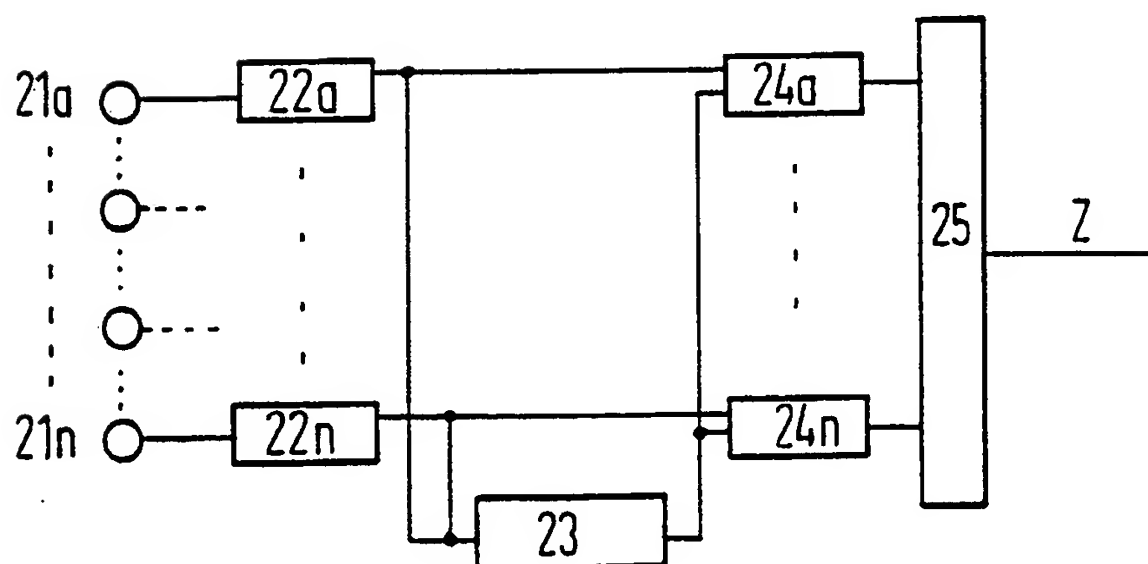
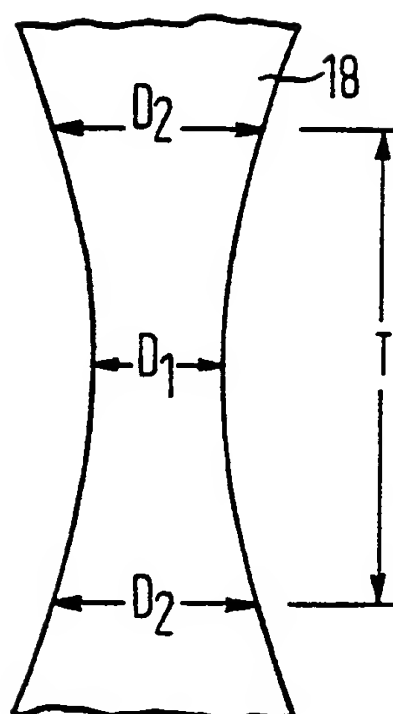


FIG 4



3/3

FIG 5



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP 92/02522

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC<sup>5</sup> G01B11/02; G01B11/06; G01B11/24

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC<sup>5</sup> G01B; G01N

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	GB,A,2 144 537 (ISTITUTO NAZIONALE DI OTTICA) 6 March 1985	1,6,11
Y	*introduction* see page 2, line 26 - page 2, line 84; figure 2	1
X	US,A,4 798 469 (V.B. BURKE) 17 January 1989	1,7,9,12
Y		1
A	see column 4, line 4 - column 6, line 9 see column 6, line 41 - column 10, line 5	10,11
	./..	

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

\* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"B" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

15 February 1993 (15.02.93)

Date of mailing of the international search report

26 February 1993 (26.02.93)

Name and mailing address of the ISA/

EUROPEAN PATENT OFFICE  
Facsimile No.

Authorized officer

Telephone No.

PCT/EP 92/02522

**ANNEX TO THE INTERNATIONAL SEARCH REPORT  
ON INTERNATIONAL PATENT APPLICATION NO.**

EP 9202522  
SA 66715

This annex lists the patent family members relating to the patent documents cited in the above-mentioned international search report.  
The members are as contained in the European Patent Office EDP file on  
The European Patent Office is in no way liable for these particulars which are merely given for the purpose of information. 15/02/93

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
GB-A-2144537	06-03-85	DE-A, C 3428593	14-02-85
		FR-A, B 2550332	08-02-85
-----			
US-A-4798469	17-01-89	CA-A- 1258966	05-09-89
-----			
WO-A-8810406	29-12-88	CH-A- 671828	29-09-89
		DE-A- 3869579	30-04-92
		EP-A, B 0321529	28-06-89
		US-A- 5165063	17-11-92
-----			

### Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 92/02522

Formblatt PCT/ISA/210 (Blatt 2) (Januar 1985)

## III. EINSCHLAGIGE VERÖFFENTLICHUNGEN (Fortsetzung von Blatt 2)

Art °	Kennzeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der maßgeblichen Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	WO,A,8 810 406 (BATELLE-INSTITUT E.V.) 29. Dezember 1988	1,6
Y		1
A	siehe Seite 3, Absatz 6 - Seite 5, Absatz 1; Abbildungen 1-3	5,7,11
	---	
X	IBM TECHNICAL DISCLOSURE BULLETIN Bd. 27, Nr. 12, Mai 1985, NEW YORK, NY, USA Seiten 6850 - 6851 'CHROMATIC FOCUSING TECHNIQUE'	1,3,7
Y		1
	---	
X	NEUES AUS DER TECHNIK Nr. 2, 15. Mai 1986, WÜRZBURG, BRD Seiten 5 - 6 'Optische Höhenmessung über eine Linie'	1,7,8,11
	---	
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 10, no. 374 (P-527)(2431) 12. Dezember 1986 & JP,A,61 169 708 ( FUJITSU LTD ) 31. Juli 1986 siehe Zusammenfassung	1,7,8
	-----	



**ANHANG ZUM INTERNATIONALEN RECHERCHENBERICHT  
ÜBER DIE INTERNATIONALE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 9202522  
SA 66715

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten internationalen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.

Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am  
Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

15/02/93

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
GB-A-2144537	06-03-85	DE-A, C 3428593	14-02-85
		FR-A, B 2550332	08-02-85
-----			
US-A-4798469	17-01-89	CA-A- 1258966	05-09-89
-----			
WO-A-8810406	29-12-88	CH-A- 671828	29-09-89
		DE-A- 3869579	30-04-92
		EP-A, B 0321529	28-06-89
		US-A- 5165063	17-11-92
-----			

EPO FORM P0473